

# 无人化指挥控制初探

刘晓明, 曹雷, 鲍广宇, 姜志平

(解放军理工大学指挥信息系统学院)

**摘要:** 无人化指挥控制是机器人部队的核心组成部分, 是实现有人无人联合一体化作战的关键因素。本文研究了无人化指挥控制在机器人部队认知能力、态势感知形成一致性、分布式自主协同决策理论与方法、机器自动理解作战命令语言等方面的理论与技术。

**关键词:** 机器人部队, 无人化指挥控制, 认知能力, 态势感知, 分布式决策, 作战命令语言

## 0 引言

随着机器人技术的发展, 未来的陆战部队将具备全新的作战能力。以机器人部队为主要作战力量的地面作战样式将会出现, 从而大大降低伤亡, 增加灵活性和持久能力。美国预测, 到 2020 年, 战场上的机器人数量将超过士兵的数量。随着新一代军用机器人自主化、智能化水平的提高并陆续走上战场, 机器人战争时代已经不太遥远。这预示着人类战争将进入全新的时代。无论是冷兵器时代、热兵器时代、机械化时代, 还是当今的信息化时代, 虽然交战双方的交战距离在不断拉开, 向非接触化发展, 但是仍然不可避免大规模的地面作战, 零接触还遥不可及。而机器人战争时代能真正做到非接触式作战, 或许新的战争划代由此而应运而生。

无人化指挥控制作为机器人部队的重要组成部分, 其重要意义体现在以下三个方面: 一是无人化指挥控制是机器人部队除传感器和动力问题外最为关键和核心的问题, 涉及到人工智能、信息技术、复杂系统等多学科的重大基础科学与工程, 学术价值极高、发展前景深远; 二是无人化指挥控制的研究成果可直接应用于指挥信息系统, 对其在未来信息化战争中高效、智能地处置海量作战信息意义重大; 三是针对未来部队很可能是机器人和士兵混合编成的情况, 无人化指挥控制的研究成果可以为未来机器人部队的组织结构形式、编组与职责以及指挥协同关系等提供理论支撑。

本文简要介绍了无人化指挥控制涉及到的相应研究内容。

## 1 无人化指挥控制概述

### 1.1 机器人作战平台发展概述

机器人作战平台的发展正经历从遥控到自主、从单个作战系统到机器集群作战系统的发展过程, 并继续朝着智能化、自主化、集群化的机器人部队方向发展。

最早的遥控式机器人作战平台可以追溯到二战时期, 德国研制了数千辆遥控无人自爆式坦克, 这是无人战车的最早雏形。在伊拉克战场上大显身手的无人机“全球鹰”和“捕食者”虽然也是遥控式, 但其战场指挥控制方舱的控制方式已进化到人工与智能控制相结合的方式。

能应对复杂战场环境, 自主执行作战行动, 是机器人作战平台一直以来追求的目标。八十年代后期发展的第三代机器人, 已具备一定的智能, 能按环境的变化或按人的指令进行学习, 推理, 决策, 规划等工作。最终的目标是追求不断增加的自主性, 提升无人系统的能力, 使其可以独立运作, 无论是独立的系统还是相互协作的系统都能在动态环境中执行高度复杂的任务。美联合部队司令部(JFCOM)的“阿尔法计划”宣称到 2025 年, 自主机器人将是一种网络化和一体化的高度智能综合体而不需要人的直接参与。

另一个发展趋势是从单个机器人作战平台发展到机器集群作战系统。正是基于无人作战飞机、无人地面战车、无人地面机器战士和机器动物等等科技飞跃化发展的趋势和现状, 智能无人化机器集群作战系统的概念开始被关注。美军近日公布的一份报告认为, “集群”战术具有很高的投资回报潜力, 美军应加快发展与这一重要作战概念相关的能力。“集群”被定义为由功能相对简单的无人机或地面机器人组成的蜂群状

的分布网络，这种传感器群比单一的复杂平台更为有效。在为此进行的模拟试验中，装有传感器和武器的100架无人机集群与现有的一个作战单元进行了比较，无人机集群摧毁了63个目标，并探测到了90%的模拟敌军部队，而现有的作战单元只歼灭了11个目标并探测了不到33%的目标。因此认为，试验结果显示了使用“集群”网络扩大战果的潜力。

美国国防部已批准美陆军“未来作战系统”（FCS）武器发展和试验项目。“未来作战系统”投资数额高达150亿美元。这是美国陆军现代化的重要部分。“未来作战系统”的核心部分是高科技坦克、战术机器人以及网络化的指挥与控制系统。“未来作战系统”还突出了战术机器人的作用，它们既包括无人机、遥控武装侦察车等“机器人间谍”，也包括能够运载后勤物资的“机器袋鼠”，更有能够执行战斗任务的“机器人士兵”。

### 1.2 无人化指挥控制

从机器人作战平台的发展可以看出，无论是智能化、自主化还是集群化，均蕴含着机器人对环境的认知、对作战命令与动机的理解与正确地选择作战行动、机器集群之间的协作与协调等内容，这就是无人化指挥控制的基本内涵。

也即，无人化指挥控制包含三个层面的内容：第一层面是机器人内部的认知与智能；第二层面是机器人之间的相互协调和协作；第三个层面是独立于机器人之外的指挥控制。

机器人部队作战系统是物联网技术在未来战场上的重要应用模式，智能化的无人作战单元分布在物理战场空间的地面、天空、水面及水下，并与有人指挥的作战部队形成一体化作战力量。

无人化指挥控制是机器人部队的核心，是实现有人与无人联合一体化作战的关键因素。在未来战场环境中，战场前沿设置的前方指挥所通常为无人指挥所，其核心为无人化指挥控制系统，负责接收各种无人化机器人部队作战平台的传感信息，并对其进行智能信息融合与处理；有人指挥所通常设置在战场后方，通过有人指挥与无人化指挥控制的结合，共同完成对机器人部队和传统作战部队的统一指挥控制，如图1所示。

无人化指挥控制功能根据战场应用的实际情况可以分布在机器人内部。



图1 机器人部队作战系统应用场景

## 2 关键技术

围绕无人化指挥控制的三个层面，主要进行机器人部队认知能力问题研究、态势感知形式与一致性问

题研究、分布式自主协同决策理论问题研究和机器人自动理解的人-机交互理论与方法研究。

## 2.1 机器人部队认知能力问题研究

面对战场环境的多变性、作战任务的复杂性以及协作的动态性，必然要求机器人部队具有强大的认知能力和良好的组织结构。如何在传感技术的基础上对机器人学习特性、心理特性、社会特性以及指控结构等进行研究，这是无人化指挥控制理论研究的基础性问题。

**基于认知科学的机器人部队认知理论研究。**主要包括机器人部队的基本概念与基本特性研究和机器人部队的行为能力分析建模研究。基于认知科学理论，研究机器人部队的组成、规模、特点、内涵和外延等基本概念问题，并重点研究机器人部队的心理特性、认知特性、社会特性以及行为特性等方面的基本特性。结合机器人部队的组成与基本特性，研究机器人部队的个体、局部以及整体的行为能力组成、属性及其相互关系，并研究机器人部队行为能力的量化建模与分析方法。

**机器人部队的作战任务分析与作战效能评估理论研究。**主要包括机器人部队的作战任务分析与建模以及作战效能评估理论研究。针对未来信息化战场的需要，结合机器人部队的基本特性和行为能力，分析机器人部队的作战任务和作战样式，研究作战任务的组成、描述及要求；结合机器自动识别技术，重点研究机器人部队作战环境与作战任务的建模方法。结合机器人部队作战任务和作战能力的建模分析方法，研究机器人性能参数，从灵活性优、抗毁可靠、高效低价等方面建立机器人部队多层、多类、多级的评估指标及相应的评估模型。

**面向任务的机器人部队的组织理论研究。**主要包括面向任务的机器人部队的组织设计理论与分析、评价方法研究。针对机器人部队的基本特点，主要研究机器人部队的组织结构形式、编组与职责以及指挥协同关系；结合作战任务的特点和需求，重点研究面向任务的组织设计方法以及角色的动态配置机制，为完成任务构建恰当的组织形式。

## 2.2 态势感知形成与一致性问题研究

现代战争对一致性态势感知的需求日益增强，一致性态势感知已成为适应快速变化的战场态势、形成有效体系作战能力的必要条件和主要问题。

在现代战争中，相对于信息分发、传输、处理时间而言，态势感知一致性的达成时间通常要高出几个数量级，对于未来的机器人部队而言，往往面对的是分、秒甚至毫秒级的指挥控制过程，此时保持各作战单元之间的态势感知一致性变得十分困难，这就对一致性态势感知提出了新的需求和技术挑战。

**基于认知的态势感知模型研究。**研究态势感知相关概念、定义、基本参数测量、计算等基本问题，重点研究不同指挥控制方式下的态势感知信息传递模式、一致性概念、一致性计算和知觉一致性成本问题。

**基于特定指挥体系的态势感知一致性生成模式研究。**主要有三种生成一致性态势感知的模式：集中模式、协商模式和混合模式。集中模式下只有最高级别的机器人进行感知，协商模式则均能感知并进行交互协商，混合模式则兼而有之。在实际的作战中，由于指挥体系结构决定了知觉信息、理解信息和预测信息的流动方向及接收权限，不同的情况应该使用不同的态势感知一致性生成模式。

**态势感知一致性计算与评价方法研究。**研究态势感知速度解析计算公式，通过理论计算方法替代传统通过数理统计的方法来计算态势感知速度。还要研究指挥控制关系网态势感知一致性评价指标和计算方法，以最终获取系统态势感知能力的参数指标。

### 2.1.3 分布式自主协同决策理论与方法问题研究

未来的无人化指挥控制并非指完全无人干预，其本质上是一种无人/有人相结合的混合式关联关系，作战单元及指挥员之间的数据共享与交互将产生海量的决策信息，指挥决策活动需要依靠分布在广阔作战地域的决策群体通过分布协同方式来完成。

分布式数据汇集与信息处理技术将有助于形成全新的分布式自主协同决策理论，可利用多种传感器构成的复合信息网络，将分散的智力资源和信息资源通过虚拟组织的形态与运行机制加以动态集成，有助于网络中心化条件下的指挥控制群体成员进行信息共享、汇合和达成共识，提高了决策的时效性的准确性。

**分布式自主协同决策认知模型研究。**研究多智能主体参与的指挥控制群体决策认知过程，建立分布式自主协同指挥控制群体决策过程模型，研究群体决策的约束变量和影响群体决策绩效的主要因素。

**基于认知的信息共享与表示模型研究。**研究决策过程中的信息取样偏差和信息共享困难等问题。从战场信息认知、信息可视化和量化等角度出发,研究基于认知的信息共享与表示模型,为指挥决策者理解信息、获取知识提供了新的可视化与认知方式,以减轻多智能主体群体决策过程的认知负担和取样偏差。

**多决策主体偏好集结与评价模型研究。**研究多智能主体群体决策下的偏好集结概念模型和算法,分析各种典型多属性群体决策算子的适用范围、限制条件以及群体决策算子之间的相互关系,研究适用于分布式自主协同群体决策的信息集结算子,建立相应的评价与改进模型。

#### 2.1.4 机器自动理解的人—机交互理论与方法研究

实现对机器人部队的高效作战指挥,必须为无人作战平台(机器人)之间、人(指挥员)和机器之间提供一种描述作战命令的无歧义语言,即机器自动理解作战命令语言,实现作战命令的标准化和机器自动理解。主流的研究思路是从作战意图中抽取无歧义数据元素,利用形式化语法规则进行组织,传递给机器系统,实现自动理解。

**作战命令语言本体概念模型与体系结构研究。**可用于机器人部队指挥控制的作战命令语言与特定军队的作战理论、作战样式以及条令条例密切相关,必须首先研究能够适用于我军作战理论、作战条令和指挥体制的作战命令语言本体概念模型,提出基于机器自动理解的作战命令语言体系结构框架,并在该概念模型和体系结构框架的约束下研究相关基础理论。

**作战命令语言形式化语法与语义标注方法研究。**为建立便于机器自动处理和自动理解的作战命令语言基本语法,需研究符合特定语法等级的作战命令语言形式化语法和基于分层本体技术的作战命令语言语义标注方法等内容。

**作战命令语言表示模型与通信协议研究。**为使作战命令语言应用于人—机之间以及机—机之间作战命令的自动翻译与理解,必须研究信息交换共享模型和公共通信协议等问题。

## 4 结束语

机器人部队是未来各国军队争先发展的重要发展方向。美军“未来作战系统(FCS)”计划虽经多次经费缩减,均未涉及到其中的作战机器人部分。预计我军未来在机器人部队的发展上也会加速推进。本文的研究还只是一种初步的尝试。无人化指挥控制涉及多学科理论知识的融合,其研究成果必将推动相应学科的发展。

#### 参考文献:

- [1] Curtis L. Blais, Anders Alstad. Coalition Battle Management Language (C-BML) Phase I Standard: Trial Use Findings and Next Steps [C]. Paper 11F-SIW-003. Fall Simulation Interoperability, 2011.
- [2] Bastian Haarmann, Ulrich Schade. Complementing Battle Management Language by Ontological Means [C]. 12S-SIW-006, 2012 Spring Simulation Interoperation Workshop, Orlando, FL, USA, 2012.
- [3] F. J. Cabrerizo, S. Alonso, E. Herrera-Viedma. A Consensus Model for Group Decision Making Problems with Unbalanced Fuzzy Linguistic Information[J]. International Journal of Information Technology & Decision Making, 2009, 8(1): 109-131.
- [4] HUANG Haiyan, BAO Guangyu. A Two-Tuple Linguistic Evaluation Method Based on Composite Scale for Conflict Problems in Distributed Group Decision Making[C]. 2012 International Conference on System Simulation, April 6-9, 2012, Shanghai.